乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维吉尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标、抗氧化能力和免疫功能的影响

张彩凤[1,2]　齐广海[1]　王晓翠[1]　武书庚[1*]　张海军[1*]　王　晶[1]　史兆国[2]　王　梁[3]　王　晖[4]

(1.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，生物饲料开发国家工程研究中心，北京 100081；2.甘肃农业大学动物科学技术学院，兰州 730070；3.北京市畜牧总站，100107 北京；4.厦门泓禾谷生物科技有限公司，厦门 361000)

摘　要：本试验旨在研究乳酸菌和酵母菌复合制剂(LS)及其与维吉尼亚霉素(VM)联合使用对肉仔鸡血清生化指标、抗氧化能力和免疫功能的影响。选取 400 只 1 日龄的健康爱拔益加肉仔鸡公雏，据体重相近原则分为 4 组，每组 5 个重复，每个重复 20 只鸡。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 30 mg/kg VM(VM 组)、15 mg/kg VM+0.1%LS（VM+LS 组）、0.1% LS（LS 组）的试验饲粮。试验期 42 d。结果表明：1)与对照组相比，VM+LS 组和 LS 组 42 日龄血清总蛋白含量显著提高(P<0.05)。2)21 日龄时，与对照组相比，VM 组、VM+LS 组和 LS 组血清丙二醛含量显著降低(P<0.05)；VM+LS 组和 LS 组血清谷胱甘肽过氧化物酶活性显著升高(P<0.05)。42 日龄时，与对照组相比，VM+LS 组和 LS 组血清总超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性显著升高(P<0.05)，血清丙二醛含量显著降低(P<0.05)。3)21 日龄和 42 日龄肉仔鸡的免疫器官指数各组之间差异不显著（P>0.05），但在数值上 VM+LS 组和 LS 组均高于对照组和 VM 组。LS 组 21 日龄肉仔鸡的血清免疫球蛋白 G（IgG）、免疫球蛋白 A(IgA)含量显著高于对照组(P<0.05)；LS 组 42 日龄肉仔鸡的血清 IgG、IgA 和免疫球蛋白 M（IgM）含量显著高于对照组(P<0.05)；VM+LS 组 42 日龄肉仔鸡的血清 IgG 含量显著高于对照组(P<0.05)。由此可见，饲粮添加 0.1%的 LS 及其与 15 mg/kg 的 VM 联合使用均可提高肉仔鸡的抗氧化能力和免疫功能，且以单独添加 0.1%的 LS 效果更明显。

收稿日期：2017-11-07
基金项目：家禽产业技术体系北京市创新团队（CARS-PSTP）
作者简介：张彩凤（1988-），女，山东沂南人，硕士研究生，从事肉禽健康养殖研究。E-mail：zhangcaifeng-005@163.com
*通信作者：武书庚，研究员，硕士生导师，E-mail: wushugeng@caas.cn；张海军，副研究员，硕士生导师，E-mail: zhanghaijun@caas.cn

关键词：微生态制剂；乳酸菌；酵母菌；维吉尼亚霉素；肉仔鸡；抗氧化能力；免疫功能

中图分类号：S816；S858.31　　　　文献标识码：A　　　　文献编号：

肉鸡养殖业是我国畜牧业中发展速度最快、规模化水平最高的产业[1]。饲用抗生素广泛、大量的应用于畜牧养殖业中[2]，在预防疾病促生长的同时，导致细菌耐药性增强[3-4]，世界上的“禁抗”始于1986年，当今越来越多的国家推出了自己的“禁抗”和“限抗”行动。因此，通过营养调控肉鸡健康状况成为当今的研究热点。

乳酸菌（*Lactobacillus*）和酵母菌（*Saccharomycetes*）可促进肉仔鸡脾脏、胸腺和法氏囊等免疫器官发育[5-9]，显著增加泪液、器官液、肠液和胆汁中免疫球蛋白M(IgM)、免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)的含量[10]，进而提高免疫力。乳酸菌和酵母菌通过代谢产物的互补和群体感应作用相互促进生长，本课题组前期研究已证实饲粮添加0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂可通过调控肠道健康，改善肉仔鸡的生长性能[11]。目前，关于乳酸菌和酵母菌复合制剂替代抗生素及与抗生素联合使用对肉鸡抗氧化能力和免疫功能影响的研究还不充分，不能较好地解释乳酸菌和酵母菌复合制剂改善生长性能[11]的机理。因此，本试验通过研究饲粮中添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维吉尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标、抗氧化能力和免疫功能的影响，以期为该微生态制剂在肉仔鸡养殖生产中的合理应用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

乳酸菌和酵母菌复合制剂由厦门泓禾谷生物科技有限公司提供，其中乳酸菌(BCRC 16092)的活菌数为2.5×10^9 CFU/g，酵母菌(BCRC 20262)的活菌数为1.3×10^9 CFU/g。维吉尼亚霉素购自美国辉宝有限公司，有效成分含量为50%。

1.2　试验设计与饲养管理

随机选取400只1日龄的健康爱拔益加(AA)肉仔鸡公雏，根据体重相近的原则分为4

组，分别饲喂基础饲粮(对照组)，基础饲粮+30 mg/kg 维吉尼亚霉素(VM 组)、基础饲粮+15 mg/kg 维吉尼亚霉素+0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂(饲粮中乳酸菌活菌数实测值为 2.3×10^6 CFU/g、酵母菌活菌数实测值为 1.3×10^6 CFU/g，VM+LS 组)、0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂(饲粮中乳酸菌活菌数实测值为 2.3×10^6 CFU/g、酵母菌活菌数实测值为 1.3×10^6 CFU/g，LS 组)，每组 5 个重复，每个重复 20 只鸡。采用 4 层立体网上笼养，试验期 42 d，分为前期(1~21 日龄)和后期(22~42 日龄)。基础饲粮参照 NRC(1994)和我国《鸡饲养标准》(NY/T 33-2004)，结合《AA 肉仔鸡饲养手册》配制，其组成及营养水平见表 1。各组饲粮经冷压制粒(制粒过程中最高温度 65 ℃)，迅速冷却。

试验期间，自然光照加人工补光，试验前 7 天每天 24 h 光照，之后每天 23 h 光照，全期自由采食、饮水。试验前 3 天室温维持在 33 ℃，此后每周降低 2 ℃，直至将至 24 ℃后维持不变。按照《AA 肉仔鸡饲养管理手册》操作，对雏鸡常规免疫、消毒。试验期内，每天 24 h 记录鸡舍温度和湿度，清扫卫生，记录死淘鸡数。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	1~21 日龄 1 to 21 days of age	22~42 日龄 22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	56.70	59.95
豆粕 Soybean meal (43% CP)	31.80	27.55
菜籽粕 Rapeseed meal	2.50	2.50
棉籽粕 Cottonseed meal	2.00	2.50
豆油 Soybean oil	2.88	3.31
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.90	1.85
石粉 Limestone	1.28	1.43
食盐 NaCl	0.30	0.30
氯化胆碱 Choline chloride (50%)	0.10	0.10
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.18	0.12
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys·HCl	0.14	0.17
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.02	0.02
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00

营养水平 Nutrient levels[3)]		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.15	12.55
粗蛋白质 CP	20.89	19.03
钙 Ca	0.95	0.86
有效磷 AP	0.48	0.40
赖氨酸 Lys	1.13	0.98
蛋氨酸 Met	0.51	0.39
蛋氨酸＋半胱氨酸 Met+Cys	0.89	0.75
苏氨酸 Thr	0.86	0.76
色氨酸 Trp	0.23	0.22

[1)]维生素预混料为每千克饲粮提供 Vitamin premix provided the following per kg of diets:VA 12 500 IU，VD_3 2 500 IU，VE 15 mg，VK_3 2.65 mg，VB_1 2 mg，VB_2 6 mg，VB_{12} 0.025 mg，生物素 biotin 0.35 mg，叶酸 folic acid 1.25 mg，泛酸 pantothenic acid 12 mg，烟酸 nicotinic acid 50 mg。

[2)]矿物质预混料为每千克饲粮提供 Mineral premix provided the following per kg of diets:Cu (as copper sulfate) 8 mg，Zn (as zinc sulfate) 75 mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Mn (as manganese sulfate) 80 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg，I (as potassium iodide) 0.35 mg。

[3)]代谢能和有效磷为计算值，其余为实测值。ME and AP were calculated values, while the others were measured values.

1.3 测定指标与方法

1.3.1 免疫器官指数

分别于试验第 21 天（21 日龄）和第 42 天（42 日龄），每个重复选取 2 只体重与该重复平均值接近的试验鸡，颈静脉放血致死，分离完整的脾脏、法氏囊和胸腺，称重并计算器官指数。免疫器官指数计算公式如下：

免疫器官器官指数(%)=[免疫器官重量(g) / 活体重(kg)]×100。

1.3.2 血清样品制备

分别于试验第 21 天（21 日龄）和第 42 天（42 日龄），每个重复选取 2 只与该重复平均体重接近的试验鸡，翅静脉采血 5 mL，抗凝管存放，3 000 r/min 离心 10 min，取上清液分

装于 1.5 mL Eppendorf 管中，-20 ℃保存，待分析血清生化指标、抗氧化指标和血清免疫球蛋白含量。

1.3.2.1 血清生化指标

血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)活性及总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、尿酸(UA)、肌酐(CRE)、总胆红素(TBILI)、葡萄糖(GLU)含量采用试剂盒通过半自动生化分析仪(CHEM-5 型)测定，所用试剂盒均购自上海科华生物技术有限公司。

1.3.2.2 血清抗氧化指标

血清中总抗氧化能力(T-AOC)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性采用比色法测定，血清中丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定，血清中总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性采用黄嘌呤氧化酶法测定，上述指标测定所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.3.2.3 血清免疫球蛋白含量

血清中 IgG、IgA 和 IgM 含量采用酶联免疫吸附试验(ELISA)法测定，所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.4 统计分析

数据用 SPSS 16.0 软件的 one-way ANOVA 程序进行方差分析，当方差分析具显著性差异时进行 Duncan 氏多重比较，P<0.05 为差异显著性标准。结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响见表 2。21 日龄时，饲粮添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用显著影响了血清 MDA(P<0.001)含量和 GSH-Px 活性(P＝0.049)；与对照组相比，VM 组、VM+LS 组和 LS 组的血清 MDA 含量显著降低(P<0.05)；VM+LS 和 LS 组的血清 GSH-Px 活性显著

高于对照组和 VM 组(*P*<0.05)，VM+LS 组与 LS 组之间无显著差异(*P*>0.05)。

42 日龄时，饲粮添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用显著影响了血清 T-AOC(*P*=0.035)、MDA 含量(*P*＝0.004)以及 T-SOD(*P*<0.001)和 GSH-Px 活性(*P*＝0.004)；与对照组相比，VM+LS 组的血清 T-AOC 显著提高(*P*<0.05)，LS 组与 VM+LS 组之间无显著差异(*P*>0.05)；VM+LS 组和 LS 组的血清 MDA 含量显著低于对照组(*P*<0.05)，VM 组与其他 3 组无显著差异(*P*>0.05)；VM+LS 组和 LS 组的血清 T-SOD 和 GSH-Px 活性显著高于对照组和 VM 组(*P*<0.05)，且 LS 组的血清 T-SOD 活性显著高于 VM+LS 组(*P*<0.05)。

上述结果表明，0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联用均能提高肉仔鸡血清 T-SOD 和 GSH-Px 活性，降低血清 MDA 含量，改善机体的氧化还原状态。

表 2　乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清抗氧化指标的影响

Table 2　Effects of *Lactobacillus* and *Saccharomycetes* compound preparation and its combination with virginiamycin on serum antioxidant indices of broilers

项目 Items	对照组 Control group	VM 组 VM group	VM+LS 组 VM+LS group	LS 组 LS group	*P* 值 *P*-value
21 日龄　21 days of age					
总抗氧化能力　T-AOC/(U/mL)	7.36±0.68	7.49±0.55	8.03±0.64	8.37±0.55	0.059
丙二醛　MDA/(nmol/mL)	6.51±1.24^{a}	4.19±1.26^{b}	2.63±1.24^{c}	2.84±0.31^{bc}	<0.001
总超氧化物歧化酶　T-SOD/(U/mL)	85.85±5.00	95.71±10.94	95.63±6.39	96.83±2.86	0.079
谷胱甘肽过氧化物酶　GSH-Px/(×10^3 U/mL)	1.43±0.19^{b}	1.51±0.13^{ab}	1.62±0.09^{a}	1.67±0.10^{a}	0.049
42 日龄　42 days of age					
总抗氧化能力　T-AOC/(U/mL)	7.97±0.88^{b}	8.57±1.19^{b}	11.87±2.28^{a}	9.8±2.97^{ab}	0.035
丙二醛　MDA/(nmol/mL)	4.09±0.75^{a}	3.13±1.14^{ab}	2.11±0.81^{b}	2.06±0.49^{b}	0.004
总超氧化物歧化酶　T-SOD/(U/mL)	110.91±5.64^{c}	106.47±5.34^{c}	118.28±5.44^{b}	126.53±4.90^{a}	<0.001
谷胱甘肽过氧化物酶　GSH-Px/(×10^3 U/mL)	1.31±0.31^{b}	1.44±0.23^{b}	1.77±0.10^{a}	1.81±0.15^{a}	0.004

同行数据肩标无字母或相同小写字母表示差异不显著(*P*＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(*P*＜0.05)。下

表同。

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2　乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡免疫器官指数的影响

乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡免疫器官指数的影响见表 3。饲粮添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对 21 日龄和 42 日龄肉仔鸡的免疫器官指数均未产生显著影响(P>0.05)，但是在数值上 VM+LS 组和 LS 组均高于对照组和 VM 组。

上述结果表明，0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与 15 mg/kg 的维尼尼亚霉素联合使用有提高脾脏指数的趋势。

表 3　乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡免疫器官指数的影响

Table 3　Effects of *Lactobacillus* and *Saccharomycetes* compound preparation and its combination with virginiamycin on immune organ indexes of broilers

项目 Items	对照组 Control group	VM 组 VM group	VM+LS 组 VM+LS group	LS 组 LS group	*P* 值 *P*-value
21 日龄 21 days of age					
胸腺指数 Thymus index	2.07±0.36	2.09±0.42	2.11±0.48	2.27±0.35	0.686
脾脏指数 Spleen index	1.02±0.24	0.93±0.14	0.96±0.13	1.03±0.13	0.442
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index	1.95±0.28	1.83±0.21	1.89±0.28	2.07±0.33	0.423
42 日龄 42 days of age					
胸腺指数 Thymus index	1.38±0.18	1.38±0.25	1.26±0.17	1.34±0.15	0.477
脾脏指数 Spleen index	1.02±0.07	0.99±0.06	1.08±0.10	1.05±0.06	0.062
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index	0.48±0.06	0.49±0.06	0.51±0.05	0.48±0.05	0.854

2.3　乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清免疫球蛋白含量的影响

乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清免疫球蛋白含量的影响见表 4。饲粮添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用显著影响 21 日龄肉仔鸡的血清 IgG(*P*<0.001)和 IgA 含量(*P*=0.001)。与对照组相比，VM+LS 组和 LS 组 21 日龄肉仔鸡的血清 IgG 含量显著高于对照和 VM 组(*P*<0.05)，且 LS 组显著高于 VM+LS 组(*P*<0.05)；LS 组 21 日龄肉仔鸡的血清 IgA 含量显著高于其他各组(*P*<0.05)。

饲粮添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用显著影响 42 日龄肉仔鸡的血清 IgG(*P*<0.001)、IgA(*P*=0.038)和 IgM 含量(*P*=0.011)。VM+LS 组和 LS 组 21 日龄肉仔鸡的血清 IgG 含量显著高于对照组和 VM 组(*P*<0.05)，且 LS 组显著高于 VM+LS 组(*P*<0.05)；LS 组 21 日龄肉仔鸡的血清 IgA 和 IgM 含量显著高于对照组和 VM 组(*P*<0.05)，对照组和 VM 组之间无显著差异(*P*>0.05)。

上述结果表明，0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用均能提高肉仔鸡的血清免疫球蛋白含量，且以单独添加乳酸菌和酵母菌复合制剂时作用效果更明显。

表 4　乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清免疫球蛋白含量的影响

Table 4　Effects of *Lactobacillus* and *Saccharomycetes* compound preparation and its combination with virginiamycin on serum immunoglobulin contents of broilers　$\times 10^3$ ng/mL

项目 Items	对照组 Control group	VM 组 VM group	VM+LS 组 VM+LS group	LS 组 LS group	*P* 值 *P*-value
21 日龄　21 days of age					
免疫球蛋白 G IgG	7.93±0.18^{c}	7.72±0.29^{c}	8.96±0.41^{b}	10.12±0.39^{a}	<0.001
免疫球蛋白 A IgA	0.89±0.11^{b}	0.89±0.05^{b}	0.9±0.10^{b}	1.15±0.11^{a}	0.001
免疫球蛋白 M IgM	1.32±0.10	1.35±0.06	1.33±0.13	1.50±0.12	0.064
42 日龄　42 days of age					
免疫球蛋白 G IgG	6.85±0.36^{c}	6.70±0.61^{c}	8.53±0.51^{b}	9.97±0.55^{a}	<0.001
免疫球蛋白 A IgA	1.09±0.11^{b}	1.05±0.11^{b}	1.14±0.15^{ab}	1.30±0.15^{a}	0.038
免疫球蛋白 M IgM	1.04±0.17^{b}	1.05±0.17^{b}	1.02±0.15^{b}	1.34±0.11^{a}	0.011

2.4 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标的影响

乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标的影响见表 5。21 日龄时，饲粮添加乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清 AST、ALT 和 ALP 活性以及 TBILI、ALB、UA、GLU、TP 和 CRE 含量均未产生显著影响(P>0.05)。42 日龄时，血清 AST、ALT 和 ALP 活性以及 TBILI、UA、GLU、ALB 和 CRE 含量各组间均无显著差异(P>0.05)；相对于对照组，VM+LS 组和 LS 组的血清 TP 含量分别提高 11.07%和 5.91%，差异均达到显著水平(P<0.05)。

上述结果表明，0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用均能提高肉仔鸡的血清 TP 含量，提示乳酸菌和酵母菌复合制剂促进了肉仔鸡的机体蛋白质合成。

表 5 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标的影响

Table 5 Effects of *Lactobacillus* and *Saccharomycetes* compound preparation and its combination with virginiamycin on serum biochemical indices of broilers

项目 Items	对照组 Control group	VM 组 VM group	VM+LS 组 VM+LS group	LS 组 LS group	*P* 值 *P*-value
21 日龄 21 days of age					
总胆红素 TBILI/(μ mol/L)	2.70±0.35	2.46±0.31	2.66±0.37	2.56±0.52	0.549
谷草转氨酶 AST/(U/L)	219.00±37.05	246.70±51.32	218.40±42.54	235.60±37.65	0.385
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	3.30±0.67	2.90±0.88	3.30±1.06	2.90±0.74	0.536
总蛋白 TP/(g/L)	25.38±3.10	24.92±2.41	24.39±2.90	23.95±1.41	0.617
白蛋白 ALB/(g/L)	11.86±10	12.65±1.13	11.98±1.26	11.97±0.69	0.324
尿酸 UA/(μ mol/L)	500.60±47.21	485.80±59.67	470.70±71.70	450.70±51.18	0.275
肌酐 CRE/(umol/L)	42.81±10.24	41.11±6.25	42.16±8.78	42.52±6.49	0.968
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	7.67±1.35	7.78±0.85	7.37±0.86	7.82±1.33	0.806

碱性磷酸酶 ALP/($\times 10^3$ U/L)	22.94±5.00	21.37±6.72	23.27±7.83	23.81±7.26	0.869
42 日龄 42 days of age					
总胆红素 TBILI/(μmol/L)	3.04±0.80	2.59±0.50	3.10±0.72	2.80±0.62	0.320
谷草转氨酶 AST/(U/L)	379.40±23.86	352.98±35.56	374.53±32.33	358.70±39.08	0.248
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	4.70±1.16	3.90±1.10	4.50±1.58	4.60±1.26	0.515
总蛋白 TP/(g/L)	30.81+1.58[b]	31.45+1.78[b]	34.22+1.71[a]	32.63+1.94[a]	0.002
白蛋白 ALB/(g/L)	14.42±1.17	14.46±1.46	15.84±1.20	14.95±1.21	0.059
尿酸 UA/(μmol/L)	441.10±90.08	440.50±139.48	364.00±90.68	345.10±108.21	0.112
肌酐 CRE/(umol/L)	59.87±9.79	59.97±10.74	58.38±9.24	60.44±7.30	0.965
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	11.37±1.91	11.11±1.44	11.16±1.66	10.49±1.96	0.708
碱性磷酸酶 ALP/($\times 10^3$ U/L)	10.77±1.29	11.01±1.16	11.02±0.93	11.67±2.25	0.576

3 讨 论

3.1 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡血清生化指标的影响

血清 AST、ALT 和 ALP 等酶类的活性能反映肝脏细胞受损情况及严重程度[12]。血清 TP 包括 ALB 和球蛋白，TP 和 ALB 的含量反映机体蛋白质的吸收和代谢状况，TP 含量升高不仅表明氨基酸、蛋白质的吸收利用率提高，也是维持机体体液免疫的重要基础[13]。研究发现，饲粮中添加 0.1%～0.2%的乳酸菌未见显著影响肉仔鸡血清中 ALP 的活性[14]；饲粮中添加乳酸菌、酵母菌、芽孢杆菌复合微生态制剂后肉鸡血清 TP 含量显著增加[15]；饲粮中添加 2.0‰的植物乳杆菌显著提高了肉仔鸡血清中 TP 的含量[16]。本研究结果与上述报道相似，与对照组和 30 mg/kg 维吉尼亚霉素组相比，0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂提高了 42 日龄肉仔鸡血清中 TP 含量，但血清中 ALB 含量变化不显著，可能 TP 含量的升高与免疫球蛋白含量的升高有关，这与本试验中添加 0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂后肉仔鸡血清免疫球蛋白含量升高的测定结果相一致。此外，当前关于乳酸菌或酵母菌与抗生素联合使用的研究较少，本研究中用乳酸菌和酵母菌复合制剂替代部分维吉尼亚霉素，结果表明 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用组肉仔鸡 42 日龄的血清 TP 含量显著高于 30 mg/kg 维吉尼亚霉素组，且与 0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂组无显著差异。这与本课题组前期发现的 0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂与 15 mg/kg 维吉尼亚霉素联合使用具有更好的促生长效果[11]是一致的，说明 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用提高机体蛋白质代谢的效果更明显，二者之间可能存在协同作用。

3.2 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡抗氧化能力的影响

正常状态下，机体的自由基生成和消除处于动态平衡之中，但当动物遭受应激时，体内自由基产生过量而致氧化损伤。T-AOC 是用于衡量动物机体抗氧化能力的重要指标，可反映机体非酶系统和氧化酶系统对机体内自由基代谢的状况，以及对外来刺激的代偿能力。MDA 是脂质过氧化终产物，反映氧自由基介导的脂质过氧化程度；T-SOD 和 GSH-Px 是生

物机体内重要的抗氧化酶，影响机体线粒体内关键酶活性及线粒体呼吸链复合物活性。研究发现，饮水中添加乳杆菌和屎肠球菌可显著提高肉仔鸡的抗氧化水平[17]；饲粮中添加 0.2%的植物乳酸菌显著提高了肉仔鸡血清 T-AOC，可保护肉仔鸡免受氧化损伤，维持机体的健康状态[8]；饲粮中添加 0.20%酵母培养物能显著降低肉仔鸡血清中 MDA 含量，维持机体健康状况[18]。本试验结果表明，饲粮中添加 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂显著提高了肉仔鸡的血清 T-AOC，增强了机体防御体系的抗氧化能力；0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂显著提高了肉仔鸡的血清 T-SOD 活性，通过提高机体清除超氧阴离子自由基的能力，保护细胞免损伤；0.1%乳酸菌和酵母菌复合制剂显著提高了肉仔鸡血清 GSH-P_X 活性，能够保护细胞膜的结构完整性，有效抵抗过氧化物的干扰及损害；0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂显著降低了血清 MDA 含量，说明机体内脂质过氧化程度降低；且随肉仔鸡日龄的增加，乳酸菌和酵母菌复合制剂的作用效果明显优于抗生素。由此表明，乳酸菌和酵母菌复合制剂通过改善肉仔鸡的氧化还原状态，维持更好的健康状况，从而改善生长性能[11]。

维吉尼亚霉素能不可逆地抑制细菌蛋白质的合成，导致细菌死亡，通常用于预防和治疗革兰氏阳性菌的感染。饲料中添加抗生素可提高 24 日龄肉仔鸡的血清 T-AOC[8]，表明抗生素可能通过提高动物抗氧化能力，改善动物健康状况，这与本试验结果一致。本试验中，30 mg/kg 维吉尼亚霉素组肉仔鸡的 21 日龄血清 T-SOD 活性高于对照组，且血清 MDA 含量较对照组显著降低，表明抗生素可提高机体清除超氧自由基的能力，提高抗氧化能力。此外，与对照组相比，LS 组和 VM+LS 组肉仔鸡血清 T-AOC 以及 SOD 和 GSH-P_X 活性均显著提高，血清 MDA 含量显著降低，体内脂质过氧化程度降低，且前期 LS 组效果明显，后期 LS 组和 VM+LS 组的效果相当，表明乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维吉尼亚霉素联合使用可通过增强机体防御抗氧化能力体系，提高机体清除超氧阴离子自由基的能力，提高血清中 GSH-P_X 活性来保护细胞膜的结构完整性，提高肉仔鸡的抗氧化能力，改善机体健康状况。

3.3 乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维尼尼亚霉素联合使用对肉仔鸡免疫功能的影响

胸腺和法氏囊是动物的中枢免疫器官，是禽类体液免疫的主要场所；脾脏是外周免疫器官，参与全身免疫，其相对重量增加说明机体免疫水平提高[19]。研究发现，与抗生素相比，0.2%的植物乳酸菌可使肉仔鸡脾脏指数和法氏囊指数分别提高 40.6%和 47.7%[8]，表明乳酸菌通过提高免疫器官指数增强外周和体液免疫力。本试验中，饲粮中添加 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用后，肉仔鸡的脾脏指数均有升高趋势，说明乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与维吉尼亚霉素联合使用有促进肉仔鸡免疫器官发育的作用。同时，本研究结果还显示，虽然免疫器官指数各组间差异不显著，但 VM+LS 组肉仔鸡的脾脏指数和法氏囊指数均有最大值，说明 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合剂与 15 mg/kg 的维尼尼亚霉素可能具有协同作用，需进一步试验证明。

免疫球蛋白是具抗体活性的动物蛋白质，具有抗菌、抗病毒和抗外毒素等多种功能，家禽体内主要有 3 种：IgA、IgG 和 IgM。IgG 能激活补体、中和毒素；IgA 进入黏膜表面、中和感染因子[6]，其含量直接反映了机体免疫力。研究发现，微生态制剂可促进机体产生非特异性免疫的分泌型免疫球蛋白 A(sIgA)[6]；饲粮中添加 0.2%的植物乳酸菌后肉仔鸡血清 IgG 含量比抗生素组和对照组分别提高 24.3%和 16.2%[8]; 饲粮中添加 1%的草乳杆菌和格氏乳杆菌复合制剂能显著提高肉仔鸡血清 IgA 和 IgG 含量[20]；通过饮水摄入鸡源乳酸菌液后肉仔鸡血清 IgG 和 IgA 含量显著提高[21]。上述研究表明，乳酸菌无论是单独添加还是与其他菌复合添加，均可显著提高肉仔鸡机体的免疫功能。本试验中，与对照组相比，饲粮中添加 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂显著提高了肉仔鸡 42 日龄时血清 IgG、IgA 和 IgM 含量，说明乳酸菌和酵母菌复合制剂可显著提高肉仔鸡机体的免疫功能。

研究表明，饲粮中添加 50 mg/kg 的维吉尼亚霉素可显著提高肉鸡 21 日龄时血清中 IgG 的含量[22]，与本试验结果并不一致，产生差异的原因可能是 2 个试验中维吉尼亚霉素的添加剂量不同所致。此外，0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用可使肉仔鸡 42 日龄时血清 IgG 含量高于显著对照组，说明乳酸菌和酵母菌复合制剂与

维吉尼亚霉素可协同提高机体的免疫力。0.1%乳酸菌和酵母菌复合剂组肉仔鸡 42 日龄时血清 IgG 和 IgM 含量显著高于 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合剂与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用组，说明单独使用 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合剂比其与 15 mg/kg 维吉尼亚霉素联合使用有更好地提高机体免疫力的作用，从而改善肉仔鸡的健康状况，进而提高生长性能，这本课题组前期得出的生长性能的结果[11]是相一致的。

4 结 论

饲粮中添加 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂及其与 15 mg/kg 的维吉尼亚霉素联合使用均能提高肉仔鸡的抗氧化能力和免疫功能，改善健康状况，且以单独添加 0.1%的乳酸菌和酵母菌复合制剂效果更明显。

参考文献：

[1] 陈琼.中国肉鸡生产的成本收益与效率研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2013.

[2] 朱永官,欧阳纬莹,吴楠,等.抗生素耐药性的来源与控制对策[J].中国科学院院刊,2015,30(4):509–516.

[3] KNAPP C W,DOLFING J,EHLERT P A,et al.Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940[J].Environmental Science & Technology,2009,44(2):580–587.

[4] D'COSTA V M,KING C E,KALAN L,et al.Antibiotic resistance is ancient[J].Nature,2011,477(7365):457–461.

[5] 张彩凤,王晓翠,张海军,等.乳酸菌和酵母菌复合制剂对肉仔鸡生长性能、屠宰性能和肠道健康的影响[J].动物营养学报,2017,29(4):1248–1256.

[6] 张献月.乳酸菌和芽孢杆菌复合微生态制剂在肉仔鸡生产中的应用效果研究[D].硕士学位论文.南昌:江西农业大学,2013.

[7] 李吉楠,孙鹏,覃春富,等.乳酸菌对动物局部和系统免疫调节功能影响的研究进展[J].畜牧兽医学报,2013,44(11):1700–1705.

[8] GALDEANO C M,PERDIGOÓN G.The probiotic bacterium lactobacillus casei induces activation of the gut mucosal immune system through innate immunity[J].Clinical and Vaccine Immunology,2006,13(2):219–226.

[9] 曹希亮.枯草芽孢杆菌和约氏乳杆菌对仔猪 T 细胞免疫与肠道黏膜免疫的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2007.

[10] 郭欣怡,张曼,韩飞,等.复合微生态制剂与黄芪多糖对鸡免疫器官指数和新城疫-禽流感免疫效果的影响[J].中国农学通报,2016,32(32):20–24.

[11] 马春全.益生菌制剂的研制及其对雏鸡免疫学影响和机理的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2004.

[12] MOHAN B,KADIRVEL R,NATARAJAN A,et al.Effect of probiotic supplementation on growth,nitrogen utilisation and serum cholesterol in broilers[J].British Poultry Science,1996,37(2):395–401.

[13] 原立海.低温和维生素 A 对育成蛋鸭生产性能及生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2008.

[14] TOGHYANI M,TOHIDI M,GHEISARI A A,et al.Performance,immunity,serum biochemical and hematological parameters in broiler chicks fed dietary thyme as alternative for an antibiotic growth promoter[J].African Journal of Biotechnology,2010,9(40):6819–6825.

[15] 赵建文.微生态制剂对鸡舍氨气和肉鸡免疫系统的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2011.

[16] 刘乃芝,陈静,崔诗法,等.不同浓度植物乳杆菌对肉鸡免疫机能的影[J].吉林农业,2012(4):59–60.

[17] CAPCAROVA M,WEISS J,HRNCAR C,et al.Effect of *Lactobacillus fermentum* and *Enterococcus faecium strains* on internal milieu,antioxidant status and body weight of broiler chickens[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2010,94(5):e215–e224.

[18] 肖曼,高振华,张少成,等.酵母培养物对肉仔鸡免疫功能、抗氧化及血清生化指标的影响[J]. 广东农业科学 ,2013,40(5):103–106.

[19] 孙波,陈静,刘江.饲料中添加黄芪多糖对肉鸡肠道菌群及免疫器官指数的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2014(13):86–88.

[20] TANA,WATARAI S,ISOGAI E,et al.Induction of intestinal IgA and IgG antibodies preventing adhesion of verotoxin-producing *Escherichia coli* to Caco-2 cells by oral immunization with liposomes[J].Letters in Applied Microbiology,2003,36(3):135–139.

[21] 王晶,许丽,孙文,等.鸡源乳酸菌对雏鸡生长性能和免疫性能的影响[C]//第十四届全国家禽科学学术讨论会论文集.哈尔滨:中国畜牧兽医学会,2009.

[22] 闫东方,刘建学,綦文涛,等.微囊化唾液乳杆菌对肉鸡生产性能、血清抗氧化和免疫功能的影响[J].中国粮油学报,2013,28(11):52–57.

Effects of *Lactobacillus* and *Saccharomycetes* Compound Preparation and Its Combination with Virginiamycin on Serum Biochemical Indexes, Antioxidant Capacity and Immune Function of Broilers

ZHANG Caifeng[1,2] QI Guanghai[1] WANG Xiaocui[1] WU Shugeng[1*] ZHANG Haijun[1*]
WANG Jing[1] SHI Zhaoguo[2] WANG Liang[3] WANG Hui[4]

(1. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, National Engineering Research Center of Biological Feed*, *Feed Research Institute*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology*, *Gansu*

*Corresponding authors: WU Shugeng, professor, E-mail: wushugeng@caas.cn; ZHANG Haijun, associate professor, E-mail: zhanghaijun@caas.cn (责任编辑 菅景颖)

Agricultural University, *Lanzhou* 730070, *China*; 3. *Beijing General Station of Animal Husbandry, Beijing* 100107*, China*; 4. *Xiamen Honghegu Biotechnology Co., Ltd., Xiamen* 361000, *China*)

Abstract: This experiment was carried out to investigate the effects of *Lactobacillus* and *Saccharomycetes* compound preparation (LS) and its combination with virginiamycin (VM) on serum biochemical indexes, antioxidant capacity and immune function of broilers. A total of 400 one-day-old Arbor Acres (AA) male broilers were randomly allotted into 4 groups with 5 replicates each and 20 broilers in each replicate. Broilers in the control group were fed a basal diet, and the others in experimental groups were fed basal diets supplemented with 30 mg/kg VM (VM group), 15 mg/kg VM+0.1% LS (VM+LS group) and 0.1% LS (LS group), respectively. The experiment lasted for 42 days. The results showed as follows: compared with the control group, there was a significant increase in serum total protein in VM+LS and LS groups at the 42 days of age (P<0.05). 2) Compared with the control group, the content of serum malonaldehyde (MDA) in VM, VM+LS and LS groups at 21 days of age was significantly decreased (P<0.05), while the activity of serum glutathione peroxidase (GSH-Px) in VM+LS and LS groups at 21 days of age was significantly increased (P<0.05). Compared with the control group, there was a significant increase in the activities of serum total superoxide dismutase (T-SOD) and GSH-Px in VM+LS and LS groups at 42 days of age (P<0.05), while a significant reduction in MDA content (P<0.05). 3) At 21 and 42 days of age, no significant differences in immune organ indexes of broilers among all groups, but the numerical value of those indexes in VM+LS and LS groups were higher than control group and VM group. Compared with the control group, the contents of serum immunoglobulin G (IgG) and immunoglobulin A (IgA) in LS group at 21 days of age was significantly increased (P<0.05). Serum IgG, IgA and immunoglobulin M (IgM) contents in LS group at 42 days of age were significantly higher than those in control group (P<0.05). Serum IgG content in VM+LS group at 42 days of age was significantly higher than that in control group (P<0.05). These results indicated that diet supplemented with 0.1% LS alone or in combination with VM both can improve the antioxidant capacity and immune function of broilers, and the effect of 0.1% LS alone is better.

Key words: probiotics; *Lactobacillus*; *Saccharomycetes*; virginiamycin; broiler; antioxidant capacity; immunity function